

**Федеральное агентство по образованию**

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования**

**Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова  
(технический университет)**

**Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии**

# **МИНЕРАЛОГО- ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

*Методические указания для студентов специальности 130306*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2009**

**МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА.** Методические указания к учебной практике / Санкт-Петербургский государственный горный ин-т. Сост.: *В.И. Алексеев, В.В. Смоленский*. СПб, 2009. 44 с.

Изложены методика и организация полевых минералого-петрографических исследований на учебно-производственном полигоне «Саблино». Приведено описание геологического строения полигона и природных объектов в его окрестностях, изучение которых должно закрепить знания студентов по курсу минералогии, подготовить их к изучению петрографии и прохождению геологосъемочной практики.

Предназначены для студентов геологоразведочного факультета специальности 130306 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия».

Табл. 1. Ил. 20. Библиогр.: 10 назв.

Научный редактор проф. *Ю.Б. Марин*

@ Санкт-Петербургский горный институт  
им. Г.В.Плеханова, 2009 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания составлены в соответствии с программой учебной минералого-петрографической практики для специальности 130306 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия» и Положением о круглогодичном учебном геологическом полигоне в Ленинградской области – «Саблино», в рамках реализации Инновационной образовательной программы подготовки кадров в соответствии с Договором с Федеральным агентством по образованию от 27.06.2006 года № 259 и решением Ученого совета института от 23.06.2006 г., протокол № 6.

**Цель практики** – закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами при прохождении курсов минералогии и общей геологии, и приобретение практического опыта работы с минералами и горными породами в полевых условиях.

### **Задачи практики:**

- обучить студентов основам проведения полевых минералого-петрографических наблюдений и их документации;
- развить у студентов практические навыки сбора и документации каменного материала;
- обучить студентов методике камеральной обработки и оформления полевых минералого-петрографических материалов;
- привить студентам навыки анализа результатов полевых исследований и разработки программы изучения минералов и горных пород в лабораторных условиях;
- ознакомить студентов с главными минералого-петрографическими особенностями геологических объектов учебно-производственного полигона «Саблино» и Ленинградской области;
- подготовить студентов к последующему прохождению геологосъемочной практики и изучению петрографии.

## **1. РАЙОН ПРАКТИКИ**

Учебно-производственный геологический полигон «Саблино» расположен в Тосненском районе Ленинградской области, в 40 км к юго-востоку от Санкт-Петербурга (рис. 1). Он представляет

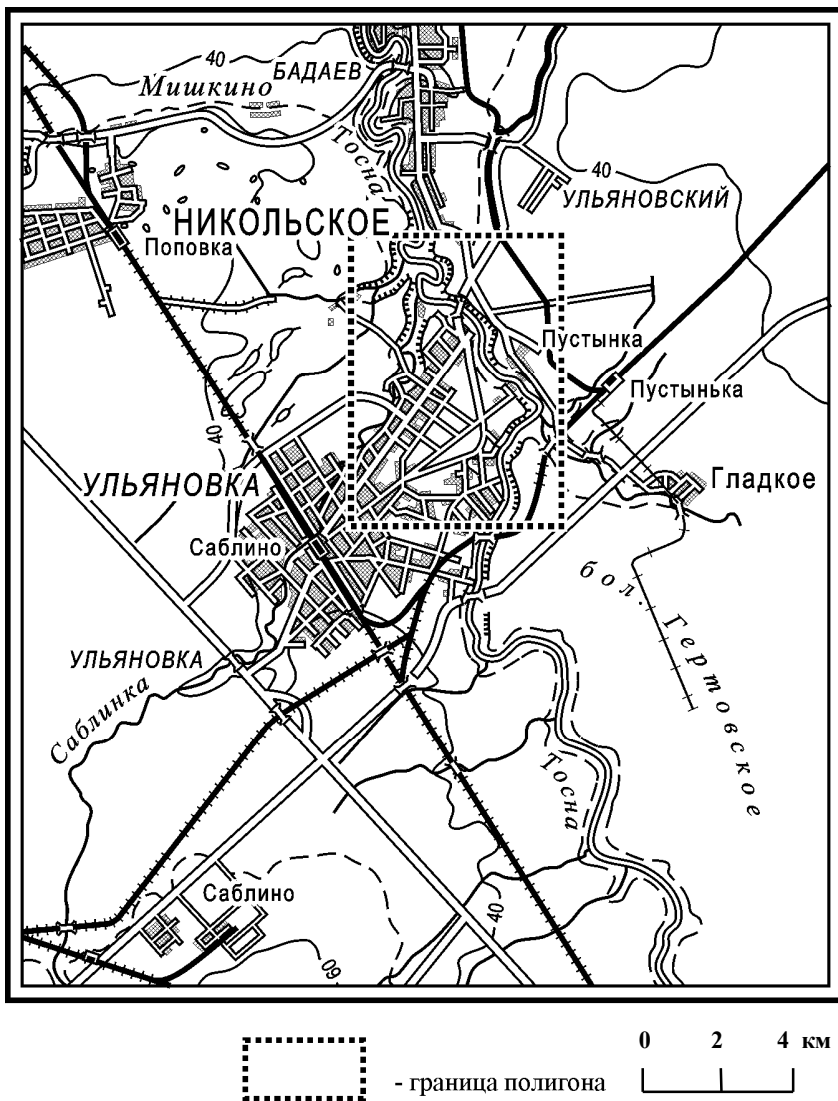


Рис. 1. Топографическая схема окрестностей Саблинского полигона.

собой уникальный геологический объект, на котором можно познакомиться с комплексом типичных для Восточно-Европейской платформы горных пород: синими кембрийскими глинами, кварцевыми и оболовыми песчаниками, диктионемовыми сланцами, известняками. Коренные обнажения пород по берегам рек Тосны и Саблилки послужили источниками первых каменных коллекций Российского Минералогического общества. Здесь зарождались представления о геологии Северо-Запада России. Многие горные породы полигона являются полезными ископаемыми.

Для расширения круга изучаемых горных пород и минералов и наиболее эффективного решения задач практики предусмотрено посещение геологических объектов за пределами полигона, в частности Гавриловского месторождения строительного камня. Месторождение расположено в Выборгском районе Ленинградской области на северо-западе Карельского перешейка, примерно в 100 км к северу от Санкт-Петербурга. В настоящий момент месторождение отрабатывается несколькими карьерами, принадлежащим различным производственным организациям. Здесь можно изучить вскрытые карьерами магматические и метаморфические породы докембрийского возраста.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ**

В ходе практики студенты учатся самостоятельно выполнять минералого-петрографические исследования в полевых условиях на разнообразных геологических объектах.

### **2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ И ВИДЫ РАБОТ**

Учебная минералого-петрографическая практика продолжительностью две недели состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

### **2.1.1. Подготовительный этап**

Подготовительный этап продолжается первые два дня, в течение которых студенты должны прослушать установочные лекции, посвященные задачам практики, геологическому строению Ленинградской области и минералого-петрографическим особенностям пород Саблинского полигона и Гавриловского месторождения. Лекции сопровождаются экскурсиями в Горный музей, музеи кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии и кафедры исторической и динамической геологии с целью знакомства студентов с минералами и горными породами района практики.

В этот же период формируются учебные бригады в составе пяти-шести человек, выбираются бригадиры, подготавливается полевое снаряжение для каждой бригады: рюкзак, полевая сумка, фотоаппарат, горный компас, геологический молоток, зубила, саперная лопатка, складной нож, рулетка, лупа, иголка, медицинская аптечка и необходимые материалы (шкала Мооса, пузырек с соляной кислотой, миллиметровая бумага, авторучка, карандаш, резинка, лейкопластырь, упаковочные материалы, мешочки для образцов).

На подготовительном этапе студенты оформляют полевую документацию (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), вспоминают правила ведения полевого дневника и способы замеров горным компасом. Перед выездом в поле все студенты проходят инструктаж по технике безопасности.

### **2.1.2. Полевой этап**

Полевой этап делится на два подэтапа: 1) работы на Саблинском полигоне; 2) работы на Гавриловском месторождении. Первый подэтап начинается с рекогносцировки в долине р. Тосны, во время которой студенты изучают условия проведения и намечают план работ: линии геологических маршрутов, основные обнажения, объём и способы отбора каменного материала. В дальнейшем под руководством преподавателя студенты осуществляют полевые маршрутные наблюдения с привязкой, документацией и опробованием. При проведении маршрутов бригадиры распределяют рабочие обязанности

между членами бригады так, чтобы каждый студент в течение практики освоил все виды работ. Аналогичный порядок работ (рекогносцировка, составление плана работ, оконтуривание обнажённых участков) принят для второго подэтапа.

В течение полевого этапа студенты изучают, главным образом, опорные обнажения. При этом они должны освоить следующие виды работ:

- выбор на местности опорных обнажений с учетом обнажённости участка, геологической и геоморфологической ситуации;
- описание опорных обнажений;
- минералого-петрографическая характеристика геологических тел;
- зарисовка и фотодокументация опорных обнажений;
- отбор образцов и проб горных пород и минералов;
- текущая камеральная обработка полевых материалов.

### **2.1.3. Камеральный этап**

Камеральный этап длится два дня, включая день защиты отчета. Этот этап посвящен обработке и анализу полевых материалов, составлению отчета по практике. Камеральная обработка материалов включает:

- ♦ камеральную диагностику минералов и горных пород;
- ♦ оформление рабочей коллекции образцов и проб;
- ♦ оформление полевого дневника, журналов образцов и проб;
- ♦ оформление геологических рисунков, разрезов, схем и т.п.;
- ♦ изготовление фотографий, монтаж фотопанорам;
- ♦ составление бригадного отчёта;
- ♦ защиту отчёта перед преподавательской комиссией.

Анализ полевых материалов включает:

- ♦ разработку общей схемы последовательности образования горных пород района;
- ♦ разработку схем последовательности минералообразования в наиболее изученных геологических телах;
- ♦ выявление типоморфных признаков минералов;
- ♦ составление плана лабораторных исследований.

Все виды работ осуществляются коллективом бригады во главе с бригадиром и под руководством преподавателя. Преподаватель консультирует студентов по вопросам диагностики минералов и горных пород, интерпретации данных.

## **2.2. МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ**

### **2.2.1. Методы полевых работ**

С учетом задач практики, характера горных пород и сложности строения районов основными методами проведения полевых учебных исследований являются:

на полигоне «Саблино» – маршрутные пересечения вкрест простирания пород, приблизительно соответствующие по детальности крупномасштабной геологической съемке;

на Гавриловском месторождении – сплошное оконтуривание обнажённых участков.

Полевые наблюдения включают стандартные виды работ по геологическому картированию (нанесение обнажений, линий маршрутов и оконтуренных участков на топографическую основу или глазомерную схему карьера, описание маршрутов, описание обнажений), за исключением прослеживания геологических границ и составления полевой геологической карты. Упор делается на описание опорных обнажений, изучение и документацию их вещественных особенностей.

При выборе последовательности изучения геологических объектов соблюдается принцип постепенного усложнения условий работы: от типичных горных пород (известняков, песчаников, гранитов, гнейсов и др.) к переходным и гибридным разностям (мергелям, суглинкам, гранитогнейсам, мигматитам и др.) и от мономинеральных яснокристаллических образований (горных пород, конкреций, прожилков и т.п.) – к полиминеральным микрозернистым.

Ход маршрута на полигоне «Саблино» выбирает преподаватель. Студенты каждой бригады наносят на топографическую основу линии маршрутов, точки наблюдения и выполняют в полевом дневнике описание маршрута по типовой схеме: 1) дата и номер



маршрута; 2) привязка района маршрута; 3) цель маршрута; 4) привязка начала маршрута; 5) описание маршрута; 6) выводы по маршруту [4]. При описании маршрута делают упор на состав горных пород и на пункты минералогических находок.

Сплошное оконтуривание обнажений на Гавриловском месторождении состоит в детальном обследовании почвы и бортов одного из карьеров. Небольшой участок карьера, указанный преподавателем, покрывают густой сетью маршрутов. Геологическую ситуацию и, прежде всего, вещественный состав пород наносят на глазомерную схему карьера, выполненную на миллиметровой бумаге в произвольно выбранном масштабе. Выделенные при этом пункты ключевых наблюдений (фациальных переходов, геологических контактов и взаимоотношений, минералогических находок и т.п.) детально описывают и опробуют. Непосредственно карьерами вскрыты только тела гранитов, поэтому вмещающие породы можно увидеть или в естественных обнажениях в окрестностях карьеров, или в виде ксенолитов в самих гранитах. Размер таких ксенолитов может достигать нескольких метров, но обычно составляет 10-20 см. Границы между петрографическими разновидностями наблюдают в отвалах и в забое карьера, зачастую с некоторого расстояния. Самым удобным для подобных наблюдений является северо-восточный угол Северного карьера.

Каждая бригада по решению преподавателя специализируется на исследовании петрографии или минералогии определённых геологических объектов, что должно найти отражение в отчёте. Рекомендуемый список объектов для бригадного изучения: терригенные отложения, глины и аргиллиты, карбонатные породы, глауконитовые породы, конкреции, граниты, пегматиты, аплиты, гнейсы, четвертичные отложения, полезные ископаемые района.

### **2.2.2. Изучение и описание опорных обнажений**

*Опорными* называют обнажения, по которым может быть составлено представление о характере геологического разреза, его фациальных изменениях, форме, взаимоотношениях и последовательности образования геологических тел и разрывных нарушений.

Опорные обнажения описывают наиболее подробно по схеме: 1) привязка к местности; 2) осмотр обнажения; 3) зарисовка и (или) фотографирование; 4) описание обнажения; 5) отбор образцов и проб. При описании следует четко разделять фактические наблюдения и предположения, как бы очевидны они ни были.

**Осмотр обнажения** включает определение его степени раскрытости (открытое, полуоткрытое, замаскированное), типа и положения в рельефе (сплошные площадные выходы, обрыв склона долины, обнажение в русле реки, забой карьера и т.п.), степени связи с подстилающими толщами (коренной выход, элювий, делювий и др.) и размера. При осмотре выясняют состав и залегание пород, намечают места детальных минералого-петрографических работ, графической документации, отбора образцов и проб.

**Зарисовка обнажения** выполняется в виде эскиза, наглядно отражающего главные детали распределения, взаимоотношения и

изменения состава пород. Она может быть выполнена в виде разреза в направлении падения пород (рис. 2) или в произвольном ракурсе вдоль фронта обнажения (рис. 3). Составление эскиза начинают с провешивания на местности горизонтальной линии — базиса для привязки высот геологических пунктов и границ; за базис может быть принят уровень воды в водоеме в основании обнажения. От базиса провешивают прямолинейные ходы, определяют превышения перегибов рельефа и геологических элементов, вычерчивают профиль и наносят на него границы пород (геологических тел). Для увеличения точности изображения применяют разметку обнажения мелом, веревочной сеткой и т.п.

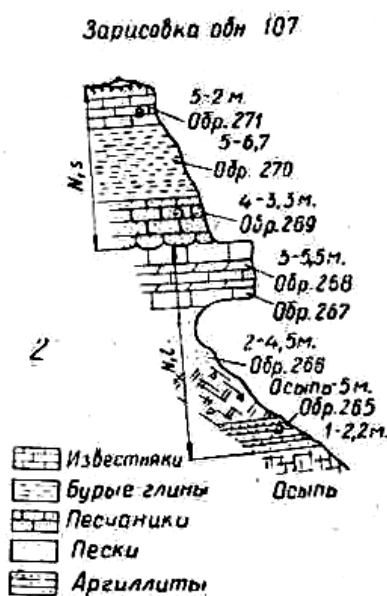


Рис. 2. Зарисовка обнажения осадочных пород, залегающих моноклинально

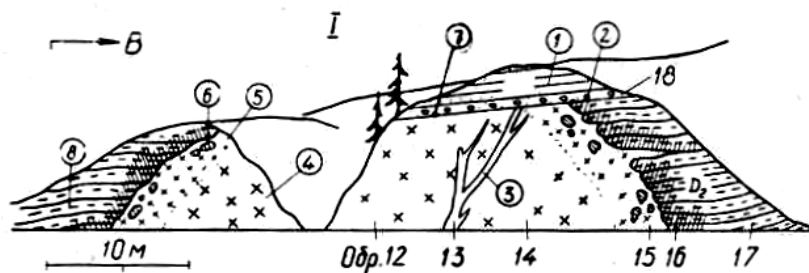


Рис. 3. Зарисовка обнажения интрузии с горячим и холодным контактами.

1 – песчаники, 2 – конгломераты, 3 – дайка диорит-порфириров,  
4 – гранодиориты, 5 – гранодиорит-порфиры эндоконтакта, 6 – ксенолиты, 7 –  
холодный контакт, 8 – аргиллиты, 12-18 – номера образцов

Конечный вид рисунка зависит от внимательности наблюдателя и его представлений о ситуации на обнажении (рис.4). Петрографические различия указывают стандартными условными знаками.

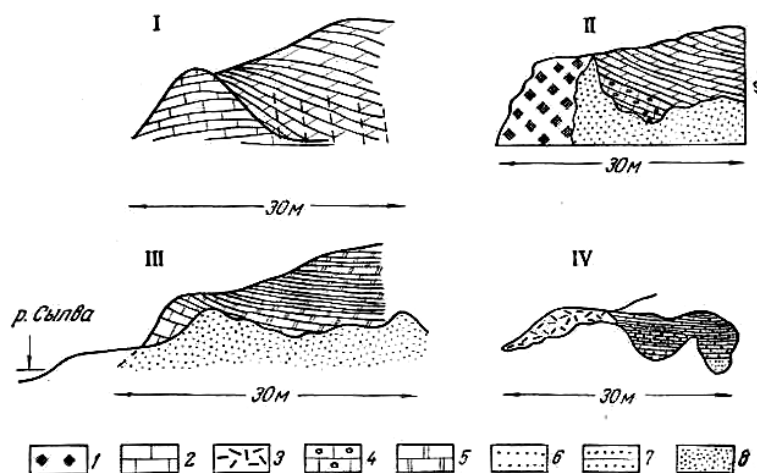


Рис. 4 Различие зарисовок одного и того же обнажения (по [2]).

1-3 – рифовые известняки, 4 – ракушняки, 5-7 – доломиты и доломитизированные известняки, 8 – осыпь.

Зарисовку снабжают номером, указанием ориентировки, масштаба изображения и вспомогательными надписями и указателями (точки отбора образцов, минералогических находок, замеры элементов залегания и т.д.).

**Фотографирование обнажения** не заменяет рисование объектов, а дополняет его и увеличивает объективность графической документации. Процесс фотографической съёмки включает: 1) выбор направления съёмки; 2) определение дистанции съёмки; 3) выбор точки съёмки; 4) определение границ кадра. Как и зарисовка, фотография может быть *по направлению* фронтальной схематичной (фотогеологическая документация) или боковой, подчеркивающей рельефные детали обнажения. *Дистанция* съёмки влияет на размер и детальность отображения фотографируемого объекта. Минералогопетрографическую съёмку производят средним (взаимоотношения пород) и крупным (структуры, текстуры, минеральные выделения) планом. Иллюстративное значение снимка во многом зависит от *высоты точки съёмки*. Обычно используют нормальные точки съёмки, примерно соответствующие уровню глаз стоящего человека. Ракурсными снимками, сделанными с нижних и верхних точек, нужно пользоваться осторожно, так как они искажают реальные формы объекта и проецируют его на предметы дальнего плана. *Границы кадра* должны отсекают все второстепенные и лишние элементы изображения (рис. 5).

Главные требования к фотоснимку обнажения – его правдивость и наглядность. Это достигается масштабированием

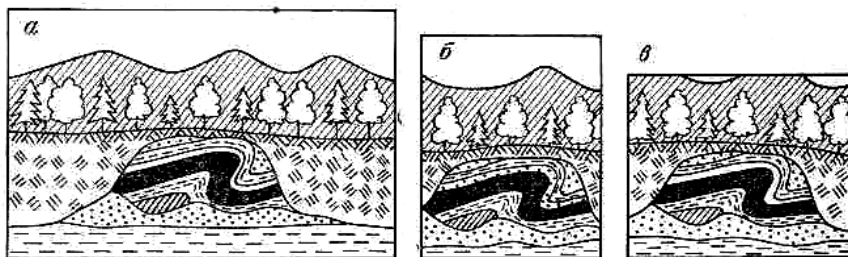


рис. 5. Определение границ фотографического кадра.

а – снимаемый объект, б – вертикальный кадр, в – горизонтальный кадр.

изображения и композицией кадра. *Масштабирование* осуществляют внесением в кадр мерных объектов (рулетки с марками из белой бумаги, геодезической рейки, геологического молотка с линейкой и т.п.). Правильную *композицию кадра* выбирают путем вынесения главного объекта на передний план, в геометрический центра кадра, а также путем выгодного освещения объекта. Как показывает практика, для фотодокументации благоприятнее всего пасмурный день, когда весь объект равномерно освещен рассеянным светом.

При работе на крупных обнажениях и в карьерах применяют сплошную фотодокументацию забоя с расстояния 30-50 м и с перекрытием смежных кадров в 35-40 %. При этом через каждые 20-30 м вдоль документируемой стенки расставляют небольшие колышки, от которых отмеряют дистанцию съёмки, т.е. определяют местоположение съёмочных точек; последние также отмечают колышками. Отпечатанные снимки монтируют в фотосхему, которую затем дешифрируют. Все сделанные в маршруте фотографии и фотопанорамы регистрируют в полевом дневнике с указанием количества и номеров кадров, участков фотографирования (в виде рамок на зарисовке обнажения или точек на абрисе).

### **2.2.3. Минералого-петрографическая характеристика геологических тел**

Важнейшим элементом описания обнажения при любых геологических работах является петрографическая характеристика горных пород, которая включает:

- описание и диагностику горных пород;
- определение формы и залегания слагаемых ими геологических тел ;
- выяснение их взаимоотношений и последовательности образования.

Чтобы упростить использование полевой документации, *описание породы* следует производить в одном стиле, с использованием специальной терминологии и по одной и той же схеме: 1) название породы; 2) цвет; 3) минеральный состав; 4) структура; 5) текстура; 6) крепость; 7) пористость; 8) вторичные изменения (см. примеры 1-3).

**Название породы** определяется по различным классификационным признакам, в зависимости от её принадлежности к тому или иному генетическому типу (осадочная, магматическая или метаморфическая).

**Цвет** – важнейший признак породы, отражающий её минеральный состав и характер вторичных изменений. Его документируют с использованием стандартной цветовой гаммы (белый, красный, жёлтый, зелёный, синий и др.), с указанием оттенка (голубовато-зелёный, розовато-жёлтый и т.п.) и интенсивности окраски (например, тёмно-зелёный, яркий зелёный). В определении окраски «светло-красновато-коричневый» последнее слово – главный цвет породы, промежуточное – оттенок, первое – интенсивность окраски. Следует избегать субъективных определений вроде «кремовый», «персиковый» и т.п., но возможно использование эталонов: травяно-зелёный, кирпично-красный и т.д. Цвет характеризуют как на свежем изломе, так и в корке выветривания, обычно в сухом состоянии.

Нужно стремиться выяснить минералогическую и химическую природу окраски породы, учитывая цвет главных породообразующих минералов (полевого шпата, кальцита, кварца и др.), минералов-примесей (глауконита, альмандина, биотита и др.), вторичных минералов (лимонита, хлорита, гематита и др.) и аморфных химических примесей (органического углерода, гидроокислов железа, окислов марганца и др.). Обязательно указывают на возможный вторичный характер окраски породы, вызванный, например, окислением или восстановлением железистых минералов. Признаками такой окраски является ее связь с трещинами и пористыми горизонтами, пятнистое или зональное ее изменение.

**Минеральный состав** породы определяют с различной полнотой и достоверностью в зависимости от её зернистости. Наиболее детально описывают состав грубообломочных отложений и кристаллических известняков в осадочных разрезах, состав интрузивных пород и пегматитов – в магматических телах и состав мраморов, гнейсов, амфиболитов и кристаллических сланцев – в метаморфических толщах. Минеральный состав микрозернистых пород, – глин, алевролитов, яшм, эффузивных и жильных магматических пород, роговиков, микросланцев, кварцитов и др., устанавливают предпо-

ложительно, исходя из их цвета, крепости, плотности и других свойств. Например, для глин существенным является поведение в водонасыщенном состоянии, для карбонатных пород – реакция на HCl, для эффузивных и жильных пород – цвет и характер вторичных изменений, для роговиков и кварцитов – крепость и т.д. Следует помнить, что в магматических и метаморфических породах тёмная окраска вызвана обычно повышенным содержанием феррических минералов (оливина, пироксенов, роговой обманки, биотита и др.), то есть определяется основностью пород и может использоваться для их деления на основные и кислые; в осадочных породах причины тёмной окраски значительно разнообразнее (обогащение органикой, фосфатами, соединениями марганца, железа и др.).

**Структуру** горной породы, включающую размер, форму и взаимоотношение её компонентов, описывают по-разному, в зависимости от принадлежности к генетическому типу. *Размер зёрен* определяют с помощью линейки и миллиметровой бумаги. Определение этого параметра особенно важно для обломочных, интрузивных и жильных пород. Для отнесения обломочной породы к определённому гранулометрическому классу измеряют самые мелкие и самые крупные обломки и намечают преобладающую фракцию. Например, «галечник крупный», «песчаник среднезернистый» и т.д. По соотношению долей главных фракций породу относят к хорошо, средне, плохо сортированным или несортированным. Наличие тонкого алевритового и пелитового материала определяют по налёту, остающемуся на пальцах после растирания породы. Глинистую примесь выдаёт во влажной породе характерный «глинистый запах». Следует стремиться определить также тип цемента (базальный, поровый, контактовый и др.), его зернистость и характер распределения в агрегате.

Интрузивное происхождение магматической породы определяют по среднезернистой (1-3 мм) или крупнозернистой (3-10 мм) структуре, но следует помнить, что такие структуры свойственны также гнейсам, амфиболитам и кристаллическим сланцам; мелкозернистая (0,1-1,0 мм) структура характерна для гипабиссальных (жильных) пород – различных микрогранитов, микродиоритов, аплитов и др.; гигантозернистое строение (более 10 мм) имеют пегма-

титы. Структуры магматических пород делят также на равномерно-зернистые, характерные для многих интрузивных пород и аплитов, порфировидные, присущие гранит-порфирам, диорит-порфиритам и др., а также порфировые, встречающиеся в основном в эффузивах.

*Форму зёрен* особенно внимательно изучают в обломочных и карбонатных осадочных породах, а также в метаморфических агрегатах. Для обломков определяют окатанность, желательно по фракциям, с использованием шкалы: а) очень хорошая окатанность, б) хорошая, в) умеренная, г) слабая, д) неокатанные. Важно отметить степень изометричности обломков (изометрические, удлинённые, уплощённые), а также связь окатанности и изометричности обломков с их размером и составом. Форму зёрен карбонатных пород следует наблюдать на поверхности выветривания, а также на смоченной водой поверхности излома. Необходимо определить генетический тип компонентов: кристаллы, обломки, оолиты или органические остатки. Пороодообразующая фауна и флора диагностируют до класса и подкласса и исследуют на предмет сохранности.

При характеристике яснокристаллических метаморфических пород следует определить тип структуры (кристаллобластовая, катакластическая или реликтовая) и её главные разновидности (порфириобластовая, лепидогранобластовая, кластогранитовая и др.).

*Текстура*, отражающая распределение компонентов горной породы в пространстве, изучается в небольших фрагментах геологического тела – штуфах и в масштабах всего тела (макротекстуры). В осадочных породах наиболее распространена микрослоистая текстура, которую описывают по схеме: тип (горизонтальная, волнистая, косая), форма слойков (прямолинейная, дугообразная, S-образная), резкость, мощность, выдержанность, залегание и причины проявления слойков (колебание окраски, размера или состава компонентов и др.). Для контрузивных пород указывают причины нарушения слоистости (ходы илоедов, оползни, крупные включения и т.п.).

Характерная текстура магматических пород – массивная (однородная), характеризующаяся равномерным распределением зерен породообразующих минералов и отсутствием их ориентировки. Следует фиксировать все отклонения от однородной текстуры, связанные как с распределением минералов (шлировая, шаровая,



ксенолитовая и др.), так и с их ориентировкой (трахитоидная, гнейсовидная, флюидальная).

В метаморфических толщах необходимо различать массивную, полосчатую (обычно унаследованную от первичных слоистых пород) и сланцеватую текстуру. Последняя фиксирует ориентировку пластинчатых и удлинённых кристаллов минералов (слюда, хлоритов, амфиболов, кианита и др.) и отражает образование сланцев, гнейсов, амфиболитов и других пород в условиях высоких давлений. Для иллюстрации наблюдений над структурами и текстурами применяют зарисовки и фотографии фрагментов обнажения.

**Крепость** пород определяют обычно для осадочных пород, используя трехбалльную шкалу: породы слабые (ломаются рукой), средней крепости (легко разбиваются молотком), крепкие (разбиваются с трудом). Особенно важна такая классификация при изучении обломочных пород.

**Пористость**, видимую макроскопически, обязательно документируют по схеме: объёмная доля пор, размер, форма и происхождение пор (межзерновые, миаролы, газовые пузыри, вторичные пустоты выщелачивания, пустоты в органических остатках и др.).

**Вторичные изменения** пород описывают с указанием признаков (изменение минерального состава, цвета, крепости, структуры и т.д.) и, если удастся, с разделением по частям породы (изменения породообразующих или акцессорных минералов, минералов вкрапленников или основной массы, минералов в обломках или в цементе, изменения ксенолитов, минеральных и органических включений). Желательно указать вещественный тип изменений: лимонитизация, обугливание, фосфатизация и др. в осадочных породах; микроклинизация, биотитизация, хлоритизация и др. – в магматических и метаморфических.

Пример 1. Описание осадочной породы.

Песчаник аркозовый известковистый светло-коричневый, крепкий, с отчётливо выраженной плитчатой отдельностью по слоистости (рис. 6).

Минеральный состав. 1. Минералы обломков: кварц (серые и бесцветные зерна) – 50 %; полевые шпаты (обломки розового и коричневого цвета) – 30 %; слюда (вероятно, биотит или гидромусковит – золотисто-коричневые пластинчатые кристаллы) – 5 %.

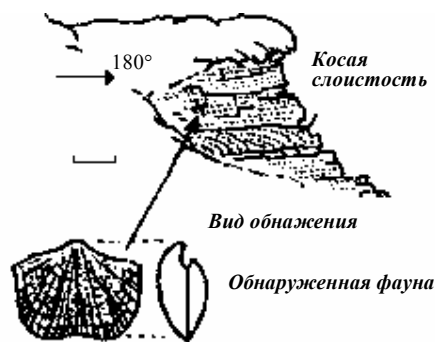


Рис. 6. Зарисовка обнажения

пойкилитовой структуры (по отблескам от плоскостей спайности кальцита).

Текстура слоистая (мощность слоёв 0,5-1,0 м): в подошве слоёв порода более крупнообломочная, вблизи кровли количество цемента возрастает до 20 % от объёма породы; в одном из слоёв наблюдается косая слоистость (рис. 6).

Органогенные остатки: единичные находки двояковыпуклых раковин размером 10-15 мм в поперечнике с прямым краем и скульптурой из неодинаковых по рельефу тонких радиальных ребер (возможно, *Billingsella*).

#### Пример 2. Описание магматической породы.

Гранит биотитовый светло-розовый, обладает высокой прочностью, в де-лювии представлен остроугольными глыбами, образует скальный выступ, отдель-ность матрацевидная (рис. 7).

Минеральный состав. 1. Породообразующие минералы: щелочной полевой

шпат (розовый, различимы пертиты) – 40 %; кварц (тёмно-серый) – 30 %; плагиоклаз (бе-лый) – 20 %; биотит (чёрный) – 5 %.

2. Эпигенетические минералы: кар-бонат (кальцит ?) и эпидот (вкрапленность вдоль зон деформаций).

Структура крупнозернистая (размер полевых шпатов в поперечнике 3-5 мм, квар-ца – 2-3 мм, кристаллов биотита – 2-3 мм диаметром по уплощению); равномернозер-нистая; биотит явно идиоморфен по отноше-нию к полевым шпатам.

Текстура массивная, отмечаются редкие шлировидные скопления биотита, огибающие остроугольные выступы ксеноли-



Рис. 7. Скальный выход

та кварцито-гнейса (рис. 7).

Пример 3. Описание метаморфической породы.

Гнейс кианит-гранат-биотитовый тёмно-серый, со слабо выраженной плитчатой отдельностью по сланцеватости, очень прочный (рис. 8).

Минеральный состав. 1. Породообразующие минералы: кварц (бесцветный) – 40 %; плагиоклаз (белый, в некоторых частях зерен бесцветный) – 20 %; биотит (чёрный, кристаллы изогнуты, сильно деформированы) – 20 %; гранат (тёмно-фиолетово-красный) – 10-15 %; кианит (темно-серый) – 5-10 %; мусковит (пластинчатый, в сростании с биотитом) – единичные кристаллы.

2. Эпигенетические минералы: хлорит и эпидот – концентрируются в виде прожилков, ориентированных по сланцеватости.

Структура порфировластовая; порфировласты представлены гранатом (ромбододекаэдры 5-10 мм в поперечнике) и кианитом (досчатые кристаллы длиной 30-50 мм); в основной ткани порода крупнозернистая (размеры зёрен кварца и плагиоклаза – 2-3 мм).

Текстура полосчато-сланцеватая: заметна линейность в ориентировке кианита и биотита; полосчатость выражена в наличии линзовидных прослоев, обогащенных биотитом; мощность прослоев – 10-30 мм.

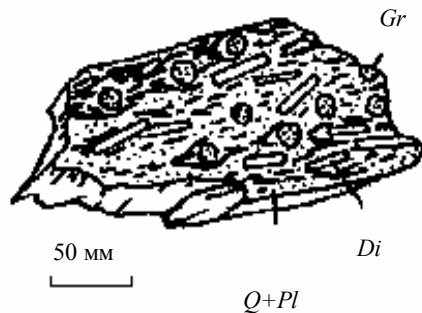


Рис. 8. Зарисовка штуфа

Содержание петрографической характеристики заметно отличается для пород различного генетического типа уже при их описании и диагностике. Различие становится принципиальным при переходе на геологический уровень, когда требуется охарактеризовать *форму, залегание и взаимоотношение тел*, слагаемых горными породами.

**Осадочные породы** описывают послойно снизу вверх (см. пример 4). Однородные и ритмично-слоистые толщи описывают в целом. Для каждого последующего слоя в описании указывают его номер, мощность, состав и внутреннее строение, а также взаимоотношение с нижележащим слоем. Мощность слоя определяют, исходя из замеров видимой мощности и элементов залегания. Слоистость пород описывают по схеме: тип (горизонтальная, волнистая, косая),

форма слойков (прямолинейная, дугообразная, S-образная), резкость, мощность, выдержанность, залегание и причины проявления слойков (колебание окраски, размера или состава компонентов и др.). При необходимости выделяют серии слойков с указанием их мощности, внутреннего строения, взаиморасположения серийных швов, а также повторяемость сходных серий по разрезу (рис. 9).

Следует изучить и задокументировать изменения по разрезу и в плане состава и строения элементов слоя: линз и серий слойков,

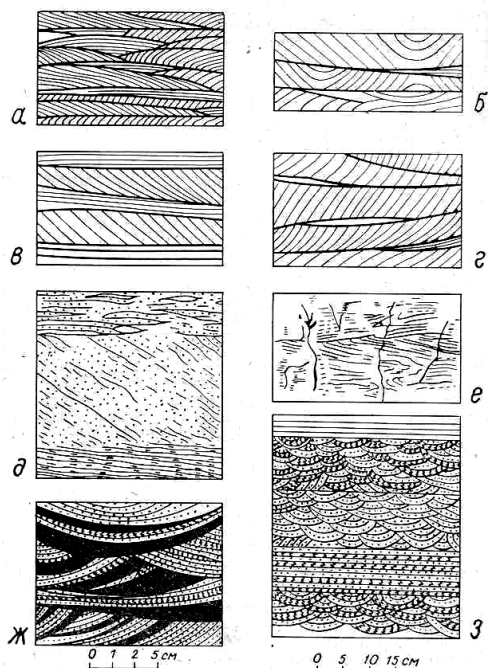


Рис. 9. Типы слоистости.

а – эоловый, б – эоловый, мигрирующих дюн, в – временных потоков, г – речной, д – дельтовый, е – морской, ж, з – ряби мелководья.

известняков (стилолитовые швы, текстуры растворения, замещения и т.п.).

минеральных и органических включений, биогермных построек и др. Для оценки взаимоотношения и последовательности образования слоев, выявления стратиграфических несогласий очень важно описать характер и рельеф поверхностей подошвы и кровли каждого слоя, задокументировать приконтактные минеральные выделения (горизонты конкреций, примазки на поверхности напластования, базальные конгломераты и др.); обязательно фиксируются встреченные текстуры напластования терригенно-глинистых отложений (трещины усыхания, знаки ряби, следы капель дождя и другие гиероглифы) и

Большое фациальное и стратиграфическое значение имеют *минеральные включения* в осадочных породах (конкреции, секрети, кристаллические выделения). Конкреции, найденные в породе, классифицируют по составу, – минеральному (марказитовые, гетитовые и др.) или химическому (железистые, карбонатные и др.). Для каждого вещественного типа следует указать вмещающую породу и содержание конкреций, а затем описать цвет, размеры, форму, ориентировку, рельеф поверхности и вторичные изменения конкреций. Особое внимание уделяют внутреннему строению конкреций: наличию зональности, инородных тел в ядре и т.п. Для кристаллических выделений указывают их содержание, структурный тип (агрегатные, монокристаллические, псевдоморфозы), размер, степень ограненности и характер срастания кристаллических индивидов. Важно отметить изменчивость минералогических особенностей включений (размеров, формы, цвета, внутреннего строения) в пределах слоя.

*Органические включения* подлежат описанию и определению с указанием их систематической принадлежности, размеров, сохранности, обилия, расположения в пространстве и способа захоронения. Локальные скопления фауны и флоры зарисовывают или фотографируют.

В осадочных толщах выделяют *маркирующие горизонты* – относительно маломощные и стратиграфически выдержанные на большой площади слои, отчетливо выделяющиеся по литологическим особенностям. Значение таких горизонтов для геологического картирования и производства геологоразведочных работ трудно переоценить. Задача петрографа заключается в том, чтобы выявить такие горизонты и объяснить причины их индивидуальности. Маркирующие горизонты выделяются составом, цветом и крепостью (слой известняков в алевроито-песчаной толще, слой аргиллитов в мергелях и т.п.), наличием включений (слой глауконитовых песчаников, горизонт пиритовых конкреций и т.д.), в том числе органических (слой с трилобитами, горизонт оболочковых песчаников и др.), текстурой (например, косослоистые песчаники).

*Магматические породы* не слоистые, и к ним не применимы обычные представления о залегании и последовательности образования. При этом они отличаются весьма совершенными, хотя и

очень сложными закономерностями внутреннего строения, которые находят своё выражение в их морфологии и текстурных особенностях. Описание проводят по группам: от ультраосновных к основным, средним и кислым, а внутри групп – по классам: от интрузивных к жильным. Эффузивные породы, согласные с залеганием осадочных слоёв, описывают вместе со стратифицированными образованиями. Принадлежность к группам и классам оценивают соответственно по содержанию феррических минералов (степени меланократовости) и по степени кристалличности. Помимо состава и структуры пород, в интрузивных телах описывают: 1) внешние контакты с вмещающими толщами (рамой); 2) прототектонику; 3) форму и залегание тел; 4) фазовые контакты и взаимоотношение тел; 5) интрузивные фации.

Особое внимание уделяют характеру *внешних контактов* интрузивных пород со стратифицированными образованиями. Контактные поверхности могут быть: а) ровными, б) волнистыми, в) глыбовыми, г) зазубренными, д) апофизными, е) послойно-инъекционными (рис. 10) или сочетать эти элементы (инъекционно-волнистые, апофизно-глыбовые и др.).

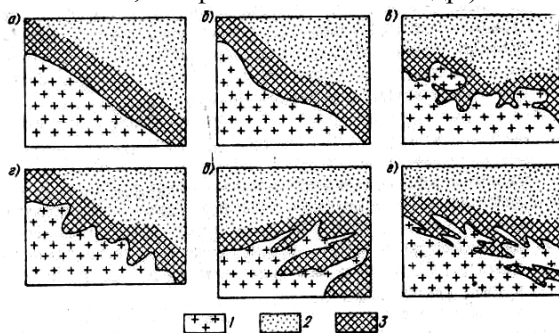


Рис. 10. Характер внешних контактов интрузий.

1 – интрузивная порода, 2 – вмещающая порода,  
3 – контактовые изменения.

Выделяют горячие (интрузивные) и холодные (трансгрессивные) контакты (рис. 3). Первые сопровождаются явлениями закалывания внедрённых пород (уменьшением зернистости, проявлением порфировидности), эндоконтактового гибридизма (появ-

лением шлиров, приконтактовым потемнением), контактово-термального метаморфизма вмещающих пород (ороговикованием, мраморизацией), инжектирования расплава (наличием апофиз, послойных инъекций, ксенолитов). Холодные контакты лишены ука-

занных особенностей, несут признаки размыва поверхности интрузий (базальные песчаники и конгломераты) и налегания на них осадочных пород (срезание интрузивных контактов).

*Прототектоника* обусловлена сочетанием первичных текстур течения (полосчатости, трахитоидности) и первичной трещиноватости. Её изучение начинают с приконтактных частей интрузий. Для текстур течения указывают внешние особенности проявления, геометрические особенности, выдержанность, определяют залегание линий и полос течения. Горный компас прикладывают к препарированным поверхностям течения, граням крупных ориентированных кристаллов или держат на весу. Трещины отдельности изучают статистически путем массовых замеров их элементов залегания и частоты (количества на погонный метр). Важно различать первичные и тектонические трещины.

*Форму и залегание интрузивных тел* оценивают, суммируя результаты наблюдения над их контактами и прототектоникой. В случае препарированных ровных контактов измеряют элементы залегания контактов, но чаще используют косвенные способы замеров методами горной геометрии (по двум косым сечениям или по трём обнажениям, не лежащим на одной прямой), по ширине эндо- и экзоконтактной зон. Элементы залегания фиксируют в полевом дневнике и наносят на топографическую основу или глазомерную схему сразу же после замера в точке наблюдения.

Как правило, интрузии состоят из последовательно образующихся серий тел, называемых интрузивными фазами. Для оценки последовательности их образования важно описать *фазовые контакты*. Выделяют резкие и скрытые контакты, а также контакты с приконтактовыми изменениями и без таковых (рис. 11-14). Приконтактовые изменения делят на минеральные (альбитизация, биотитизация и др.) и структурные (закалывание, контактовые пегматоиды и др.). Их следует описать, зарисовать, сфотографировать и, желательно, интерпретировать.

Для *интрузивных фаций* – разновидностей горных пород, слагающих единое интрузивное тело (фашия эндоконтакта, гибридная фашия и т.д.), указывают состав, строение, участки и закономер-

ности распространения (признаки зональности, связи с внешними контактами и т.п.).

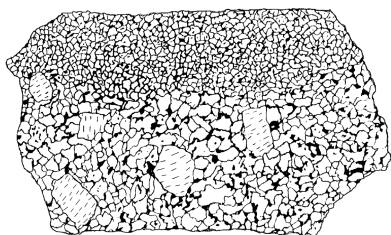


Рис.12. Резкий интрузивный контакт без изменений

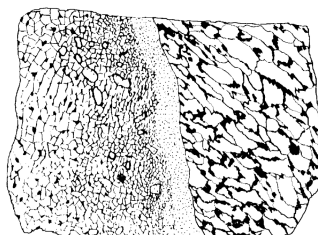


Рис.11. Резкий интрузивный контакт с зоной закаливания

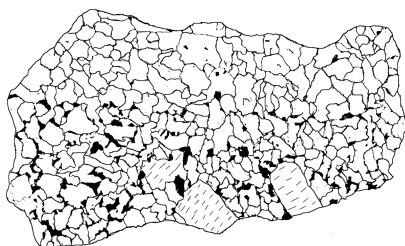


Рис.14. Скрытый интрузивный контакт

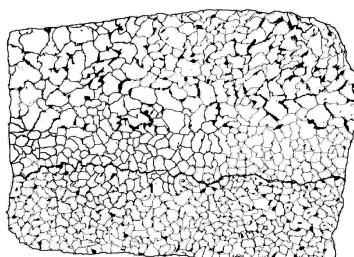


Рис.13. Резкий интрузивный контакт с приконтактовыми изменениями

**Метаморфические породы** изучают на предмет наличия реликтов исходных пород, пространственной ориентировки сланцеватости и границ полос различного состава. Зачастую к ним применяют методы исследования осадочных пород, так как они сланцеваты, залегают пластообразно, имеют элементы залегания. Для них применимо понятие маркирующего (опорного) горизонта, выделяемого по наличию типоморфных минералов, – граната, кианита, корунда.

При характеристике складок в метаморфических толщах указывают их форму, форму замка, высоту и ширину, степень симметричности, а также залегание крыльев, осевой поверхности и шарни-



ра. К особым свойствам складок относятся степень дисгармонии, кливаж, будинаж, дополнительная складчатость (см. пример 5).

Пример 4. Описание обнажения осадочных пород.

Обн. 325.

На правом берегу р. Ангары, в 0,5 км ниже по течению от устья речки Украинка, у подножия склона, коренное обнажение пород усть-кутской свиты нижнего ордовика, перекрываемое покровными лессовидными суглинками. Длина обнажения – 100 м, высота – 12 м. Ориентировано по Аз. 15°СВ. Залегание слабо наклонное, под углом в 2-3° на север. Разрез от уреза воды (снизу вверх):

1. Песчаники кварцевые желтовато-серые (обр. 325-1), мелкозернистые, тонкоплитчатые. Видимая мощность – 1,2 м.
2. Аргиллиты зеленовато-серые, песчаные, тонкоплитчатые (обр., шл. 325-2). Мощность – 2,5 м.
3. Песчаники кварц-полевошпатовые, слюдяные, серые среднезернистые, массивные. Мощность – 3,0 м.

Пример 5. Описание обнажения магматических и метаморфических пород.

Обн. 35.

В 300 м к югу от вершины г. Пукка-вара небольшой (60×100 см) выход совместно смятых в складку гранитогнейсов (в крыльях) и амфиболитов (в ядре).

Гранитогнейсы среднезернистые, с отчетливой гнейсовой текстурой, подчеркнутой параллельным расположением чешуек биотита среди массы светло-серого плагиоклаза и розового микроклина (обр., шл. 35-1). В лупу просматриваются признаки коррозии плагиоклаза микроклином (поздняя калиевая гранитизация).

Амфиболит темно-серый (зеленоватый), среднезернистый, с отчетливой линейной и сланцеватой текстурой, сложен удлиненными пластинчатыми зёрнами роговой обманки и светло-серого плагиоклаза (обр., шл. 35-2), в эндоконтактной зоне шириной в 2-3 см имеет мелкозернистую структуру (обр., шл. 35-3).

Контакт гранитогнейсов и амфиболитов резкий, в эндоконтакте амфиболита развита (до 0,5 см) биотитовая оторочка – следы гранитизации (обр., шл. 35-4).

От гранитогнейсов отходят тонкие (1-5 см) жилы массивного розового мелкозернистого биотитового гранита, внутри амфиболита они частично представлены складчатыми линзочками (обр., шл. 35-6).

В целом, в обнажении наблюдается относительно крупная сжатая, типа изоклиальной, складка, осложнённая складками второго порядка. Осевая плоскость складки падает к востоку под углом 50-60°. Падение крыльев складки выявляется по падению гнейсовидности гранитов и сланцеватости амфиболитов: аз. пад. 95° < 55°. Шарниры складок, крупных и мелких, отчетливо погружаются в южном направлении под пологими углами.

#### 2.2.4. Отбор образцов и проб

Отбор образцов и проб – это важнейший вид геологической документации, направленной как на иллюстрацию выполненных наблюдений, так и на дальнейшее камеральное изучение горных пород. От качества проведённого опробования зависит, насколько надёжным будет обобщение результатов лабораторного исследования проб на опробованные геологические тела.

В связи с этим, на опорном обнажении отбирают образцы всех видов пород. Эталонный образец типичной горной породы должен быть обколот со всех сторон и иметь приблизительно размеры  $9 \times 12 \times 3$  см; допускается сохранение выветрелой поверхности, подчеркивающей структурно-текстурные особенности агрегата. Рядовые образцы, иллюстрирующие второстепенные или уже многократно опробованные разности пород, должны иметь, как минимум, три свежих скола; их размеры от  $4 \times 6$  до  $9 \times 12$  см. Из того же куска при необходимости (по указанию преподавателя) отбирают осколки для изготовления шлифа и аншлифа и штучные пробы весом около 0,5 кг для геохимического и иных видов исследования. Образцами должны быть представлены все слои, горизонты и свиты, все интрузивные фазы и фации, а также конкреции, секреции, ксенолиты и гидротермальные прожилки. Пробы должны быть свежими, если вторичные изменения не являются предметом опробования.

Все сделанные минералогические находки также должны быть представлены образцами и пробами весом 0,2-2 кг. При низком содержании минерала, полосчатом строении опробуемого тела или его незначительных размерах штучное опробование заменяется точечным: пробу собирают по площади ( $10 \times 10$  м для аксессуарных минералов и  $20 \times 20$  м – для породообразующих). Для характеристики распространённых минеральных образований берут экземпляры наилучшей сохранности, как типичные, так и аномальные по размеру, морфологии и другим свойствам. Образцы редких минеральных выделений собирают без остатка, затем отбирают лучшие. Поиск таких образцов следует начинать с осыпей и отвалов, так как в выветрелых кусках породы они лучше препарированы. Затем желательно найти их в коренном залегании, чтобы установить вмещаю-

щие породы. Породы раскалывают, осматривая поверхности скола, особенно по напластованию и сланцеватости. Минерал вместе с куском вмещающей породы осторожно выбивают с помощью зубила и молотка, стараясь не повредить. Если образец не очень большой, его лучше взять целиком и отпрепарировать в институте. Хрупкие образцы дополнительно оборачивают ватой и упаковывают в коробки.

Отобранный образец этикетировать по стандартной форме (номер образца, полевое определение, дата отбора, номер бригады и фамилия коллектора) и упаковывают вместе с этикеткой в плотную бумагу или пробный мешочек, на которых еще раз отмечают номер. Допускается маркировка образцов специальным маркером. Номер образца соответствует номеру точки наблюдения с прибавлением через дефис порядковой цифры (12-1, 12-2, 12-3 и т.д.) (см. примеры 4, 5). Автономная нумерация образцов и изменение их нумерации в камеральный период запрещены. Все образцы регистрируют в полевом дневнике и в журнале образцов (см. табл.), отмечают на зарисовках (рис. 2, 3). Пробы записывают в отдельный журнал, аналогичный журналу образцов.

### **2.3. МЕТОДИКА КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ**

Камеральный этап практики посвящен анализу собранных данных и подготовке полевых материалов и отчета к защите. Анализ собранных материалов предполагает диагностику минералов и горных пород под руководством преподавателя с использованием бинокулярной лупы, шкалы Мооса и химических реактивов. На этом этапе студенты вновь обращаются к эталонным коллекциям Горного музея и кафедры. С учетом результатов камеральных исследований следует уточнить схему последовательности образования пород. Для наиболее интересных в генетическом отношении геологических тел определяют последовательность минералообразования. Проанализировав собранные материалы, следует составить программу дальнейшего изучения минералов и горных пород в лабораторных условиях. Преподаватель подписывает оформленный полевой дневник, журналы образцов и проб, отчет и допускает бригаду к защите.

## Форма журнала образцов

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |                        |                         |                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>титульный лист</i><br>Федеральное агентство по образованию<br>ГОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный горный институт<br>имени Г.В.Плеханова (технический университет)<br>Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии<br>гр. МГП- _____ Бригада № _____<br>Район работ _____ |                   |                        |                         |                                                      |
| <b>ЖУРНАЛ ОБРАЗЦОВ</b><br>Начат _____ 200 г. Окончен _____ 200 г.<br>Образцы от № _____ до № _____<br>Фамилия И.О. ведущего журнал _____                                                                                                                                                   |                   |                        |                         |                                                      |
| <i>левая сторона разворота</i>                                                                                                                                                                                                                                                             |                   |                        |                         |                                                      |
| №<br>п/п                                                                                                                                                                                                                                                                                   | №<br>образ-<br>ца | Дата отбора<br>образца | Место взятия<br>образца | Стратиграфическое<br>подразделение, интрузивное тело |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2                 | 3                      | 4                       | 5                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |                        |                         |                                                      |
| <i>правая сторона разворота</i>                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |                        |                         |                                                      |
| Определение породы                                                                                                                                                                                                                                                                         |                   | № шлифа,<br>аншлифа    | Назначение<br>образца   | Примечания                                           |
| полевое                                                                                                                                                                                                                                                                                    | окончательное     |                        |                         |                                                      |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 7                 | 8                      | 9                       | 10                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |                        |                         |                                                      |

Материалы, представляемые каждой бригадой на защиту включают:

- 1) полевой дневник бригады;
- 2) рабочие геологические карты (схемы);
- 3) рабочая коллекция образцов;

- 4) каталог образцов;
  - 5) отчёт, сопровождаемый
    - обзорной картой района практики,
    - сводной стратиграфической колонкой,
    - рисунками из полевых дневников,
    - фотографиями,
- и другие материалы.

**Полевой дневник** в камеральный период снабжают оглавлением, нумеруют страницы, проверяют его оформление.

**Рабочие геологические карты (схемы)** снабжают легендой, уточняют положение геологических границ, разрывных нарушений, пунктов замера элементов залегания, минералогических находок.

**Рабочую коллекцию** образцов выкладывают в лотки, проверяют на соответствие образцов этикеткам и маркируют с помощью лейкопластыря или маркера. В необходимых случаях образцы препарируют, делая их более представительными и подготовленными для изучения. Минералы и породы, не определенные в поле, диагностируют и заносят определения в каталог образцов.

**Каталог образцов** оформляют в соответствии со стандартной формой (см. табл.).

**Отчёт** составляют в печатном виде на 15-20 страницах формата А4 по следующей схеме.

**Титульный лист** включает название агентства-учредителя, института, кафедры, название практики, шифр учебной группы, номер бригады, фамилию и инициалы бригадира, членов бригады, руководителя, место и год составления отчёта.

**Оглавление** со списком приложений.

**Введение** отражает цель и задачи практики, географическое и административное положение района исследований, объём выполненных полевых и камеральных работ, использованную дополнительную информацию, авторство глав отчёта. Здесь выделяют главу, содержащую результаты специальных исследований (стратиграфия, магматизм, минералогия или полезные ископаемые).

**Географический очерк** включает описание особенностей рельефа и гидросети, климата, животного и растительного мира, об-

нажённости, проходимости, населения, путей сообщения, экономики, культуры, экологической обстановки района работ.

*Стратиграфия* содержит описание всех выделенных в районе стратиграфических подразделений, начиная с древнейших и заканчивая современными. Описание каждого из них начинается с петрографической и минералогической характеристик, заимствованных из полевых дневников. Далее указывают местоположение его выходов на поверхность, взаимоотношение с контактирующими геологическими образованиями, органические включения (на латыни), изменчивость по площади и истинную мощность.

*Магматизм* включает описание форм магматических тел, характера их контактов с вмещающими и перекрывающими толщами, петрографический состав тел, внутреннее строение: фазы, фации, прототектоника. Специально рассматривают обоснование возраста интрузий и последовательность их образования.

*Тектоника* содержит описание условий залегания геологических тел и тектонических нарушений. Описание выполняется последовательно по структурным этажам снизу вверх. По каждому структурному этажу приводят породный и возрастной состав входящих в него образований. Далее описывают формы залегания геологических тел. В случае складчатого залегания указывают характер складок и приводят характеристику конкретных складчатых форм, зарегистрированных в маршрутах. При наличии в структурном этаже разрывных нарушений приводится их полное описание, а также отмечают приуроченность к ним минерализации и интрузивных тел. В заключение указывают время формирования структурного этажа.

*Минералогия района* представляет характеристику главных пороодообразующих, акцессорных и эпигенетических минералов района. Глава содержит анализ онтогенетических особенностей минералов и рассуждения о геологических условиях их образования.

*Полезные ископаемые* перечисляют в порядке экономической значимости, приводят их минералого-петрографическую характеристику, позицию в легенде и назначение. Глава содержит данные о содержании, запасах, способах и рентабельности их добычи.

*Заключение* содержит основные итоги выполненных работ и план дальнейших лабораторных исследований полевого каменного

материала. Подчеркивают всё принципиально новое, что получено студентами в процессе прохождения практики. Формулируют научные проблемы, требующие решения.

*Список использованной литературы* включает в алфавитном порядке все работы, на которые имеются ссылки в тексте отчёта. Ссылки приводят в квадратных скобках.

Текст отчёта сопровождают сводной стратиграфической колонкой, схемой дешифрирования фотосхемы карьера, рисунками из полевых дневников, фотографиями обнажений, структур и текстур горных пород, минералов. Для всех рисунков и фотографий указывают номер, название, условные обозначения, масштаб и авторство.

### **3. ГЕОЛОГИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА «САБЛИНО»**

#### **3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Ленинградская область расположена на южной окраине Балтийского щита, в северо-западной части Восточно-Европейской платформы. Породы кристаллического фундамента представлены гранитами, гранитогнейсами, амфиболитами и обнажены на Карельском перешейке. Поверхность Балтийского щита погружается в южном направлении и перекрывается осадочным чехлом, состоящим из отложений вендского, палеозойского и четвертичного возраста. Рельеф фундамента осложнен прогибами и поднятиями различного масштаба, такими как Ладожский грабен, Крестецкий прогиб, Локновский вал и т.д. Эти структуры обычно ограничены разломами, по которым происходят неотектонические движения, образование впадин, заполненных водами Ладожского, Онежского озер и Финского залива. Местами погружение фундамента достигает 3 км.

Породы осадочного чехла залегают на размытой поверхности фундамента и слабо наклонены на юг и юго-восток. Строение чехла определяется, главным образом, колебательными движениями платформы, которые сопровождались трансгрессиями и регрессиями и обусловили отчетливо выраженную в разрезах прерывистость осадконакопления. Осадочная толща иногда образует складки и ос-

ложняется разрывными нарушениями. Локальные структуры палеозоя (Гатчинская, Колпинская, Красносельская, Сиверская и др.) охватывают площадь до 35 км<sup>2</sup>. Мелкие складки можно наблюдать в долинах рек Поповки, Славянки, в карьерах возле ст. Можайское.

Вдоль южного побережья Финского залива от Эстонии на западе до р. Волхов на востоке почти на 400 км тянется крутой береговой уступ – глинт. Он ограничивает с севера Ордовикское плато, в пределах которого выделяется Ижорская возвышенность с наибольшими высотами у ст. Можайское (горы Воронья и Ореховая). Ордовикское плато прорезается долинами многочисленных рек, впадающих в Финский залив или являющихся притоками реки Невы. К северу от Ордовикского плато между глинтом и Карельским перешейком расположена Приневская низменность, сложенная аллювиальными отложениями Невы, озерными осадками Ладожского озера и морскими образованиями Балтийского моря. В рельефе района, особенно в его северной и северо-восточной частях, развиты аккумулятивные формы рельефа, которые считаются ледниковыми образованиями – озы, камы, моренные гряды.

## **3.2. СТРАТИГРАФИЯ**

### **3.2.1. Архейская и протерозойская акротемы**

В пределах Саблинского полигона породы архея и протерозоя не обнажены. Гавриловское месторождение находится в области выхода на поверхность докембрийского кристаллического фундамента, сложенного сильнодислоцированными глубокометаморфизированными породами ладожской серии и постладожскими интрузиями среднего и позднего протерозоя.

*Ладожская серия.* Породы ладожской серии слагают мощную неоднородную слоистую толщу, которая состоит из пластообразных и линзовидных тел гнейсов и кристаллических сланцев, инъецированных гранитами, местами порфиридовидными, и гранодиоритами. Гнейсы образовались в результате метаморфизма толщ вулканогенно-осадочных пород. Все образования ладожской серии претерпели региональный метаморфизм в условиях амфиболитовой и, отчасти, гранулитовой фации, включая частичную гранитизацию и



мигматизацию. Для пород серии характерны сложные структурные формы складчатости и разрывных нарушений, порожденные многократными проявлениями различных типов дислокаций. Абсолютный возраст пород ладожской серии составляет 1,7-1,9 млрд. лет.

В пределах Гавриловского месторождения представлена так называемые нижняя и средняя нерасчленённые толщи ладожской серии. В петрографическом отношении породы, слагающие нижнюю часть серии, достаточно разнообразны, но наиболее широко представлены биотитовые и биотит-гранатовые гнейсы, амфибол-биотитовые сланцы. По составу гнейсы близки к кварцевым диоритам. Общая мощность серии оценивается в 7-10 тысяч метров.

Наиболее молодые породы докембрия – отложения **вендской системы (630-542 млн.лет)**: алеврито-глинистые породы *гдовского горизонта* общей мощностью до 50 м и песчаники, алевролиты и глины *котлинского горизонта* мощностью до 300 м.

### 3.2.2. Фанерозойская акротема

**Палеозойская эратема. Кембрийская система (542-488 млн.лет).** Выделяют отложения всех трёх отделов кембрия.

*Нижний отдел. Ломоносовская свита.* Отложения свиты, представленные песчаниками, алевролитами и глинами, в пределах полигона на поверхность не выходят. Их мощность около 12 м.

*Сиверская (Лонтовасская) свита.* Отложения свиты обнажаются по берегам и руслам рек Саблинка (в нижнем течении) и Тосны на участке от устья р. Саблинка до д. Пустынька. В обнажениях вскрывается только верхняя часть свиты, сложенная голубовато- и зеленовато-серыми тонкослоистыми глинами (так называемыми «синими глинами»), содержащими многочисленные включения пиритовых конкреций, гипса и прослойки алевролитов или алевролитовые присыпки на поверхности напластования (рис. 15).

Минералогический интерес представляют пирит-марказитовые конкреции (рис. 16). На глубине 1-2 м от контакта с оболовым песчаником наблюдается горизонт игольчатых кристаллов гипса длиной от нескольких миллиметров до 2-3 см; иногда кристаллы сростаются в виде друз (рис. 17). С глубиной количество

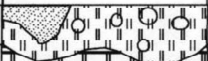
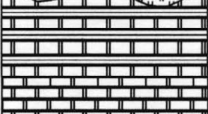




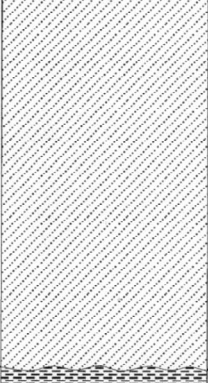
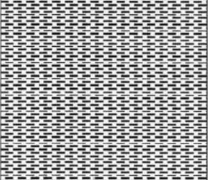
| Общая стратиграфическая шкала РФ |         |                | Местная стратиграфическая схема |                            | Литологическая колонка                                                              | Мощность          | Краткая характеристика                                                                                                                                     |
|----------------------------------|---------|----------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Система                          | Отдел   | Ярус           | Свита                           | Индекс                     |                                                                                     |                   |                                                                                                                                                            |
| ЧЕТВЕРТИЧНАЯ                     | Средний | Аренитский     | Волховская                      | $Q_{iv} al$<br>$Q_{iv} gl$ |    | 0 - 5,0 м и более | Галечник, песок, супесь<br>Валунные суглинки                                                                                                               |
|                                  |         |                |                                 | $O_2 vi$                   |    | 2,8 - 7,0 м       | "Глауконитовые известняки"<br>Известняки и доломиты<br>органогенно-детритовые, серые до пестрых, с тонкими прослоями глин.                                 |
|                                  | Нижний  | Тремадоковский | Лезтоская                       | $O_1 lt$                   |    | 0,3 - 0,8 м       | "Глауконитовая пачка"                                                                                                                                      |
|                                  |         |                | Копорская                       | $O_1 kp$                   |    | 0,2 - 0,6 м       | Черный аргиллит                                                                                                                                            |
|                                  |         |                | Тосненская                      | $O_1 ts$                   |    | 1,5 - 5,5 м       | Пески красноцветные, с косою слоистостью. Железистые конкреции, раковинный детрит                                                                          |
| КЕМБРИЙСКАЯ                      | Верхний |                | Ладожская                       | $\epsilon_3 ld$            |    | 0 - 0,4 м         | Пески глинистые серые                                                                                                                                      |
|                                  | Средний |                | Саблинская                      | $\epsilon_2 sb$            |   | 10-16 м           | Пески среднезернистые, часто пестроокрашенные в красные и желтые тона, с косою и субпараллельной слоистостью. Линзы глин, железистые конкреции и включения |
|                                  | Нижний  |                | Сиверская                       | $\epsilon_1 sv$            |  | Более 4 м         | Глина голубовато-зеленая, неяснослоистая, с тонкими прослоями алевролита и включениями пирита                                                              |

Рис. 15. Сводная стратиграфическая колонка вендско-палеозойских отложений учебно-производственного полигона «Саблино».

и размеры кристаллов гипса увеличиваются, в то время как пирит и марказит постепенно исчезают. Мощность отложений до 120 м, но видимая мощность в пределах полигона не превышает 2 м.

*Средний отдел. Саблинская свита.* Отложения свиты слагают песчаные обрывы рек Саблинки и Тосны (от д. Пустынька до устья Саблинки). Отложения саблинской свиты известны под названием «ижорские пески».

Свита сложена хорошо отсортированными полевошпат-кварцевыми песками с мелкозернистой структурой и отчетливо выраженной

горизонтальной слоистостью, косой или волнистой. Изредка среди песков фиксируют тонкие прослои глин и алевролитов, единичные линзы кремнистых и карбонатных песчаников.

Породы кровли свиты выветрелые и ожелезненные. Саблинская свита несогласно перекрывается отложениями верхнего кембрия. Мощность саблинской свиты до 6 м.

*Верхний отдел. Ладожская свита.* В основании свиты выделяется базальный слой, состоящий из неравномерно сортированных и окатанных кварцевых песков с многочисленными включениями железистых бобовин, сложенных пиритом, ярозитом, гидрогетитом и гематитом. Эти своеобразные бобовые руды расположены в «карманах» на размытой поверхности свиты (рис. 18). Выше базального слоя расположена пачка переслаивания тонкослоистых серых и бурых уплотнённых глин, алевролитов и песчаников, часто образующих маломощные (2-7 см) линзовидные или четковидные прослои. Разрез свиты венчается слоем (до 3 м) плотных кварцевых песков. По всему разрезу встречается органический детрит, а также целые

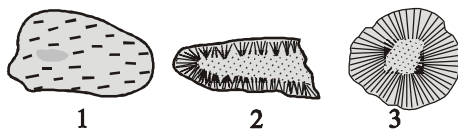


Рис. 16. Виды сульфидных конкреций из «синих» глин. Масштаб 2:1 : 1 – кристаллы пирита в глине, 2 – уплощённые конкреции пирита с марказитовой оторочкой, 3 – сферолиты марказита



Рис. 17. Кристаллы гипса из «синих глин»

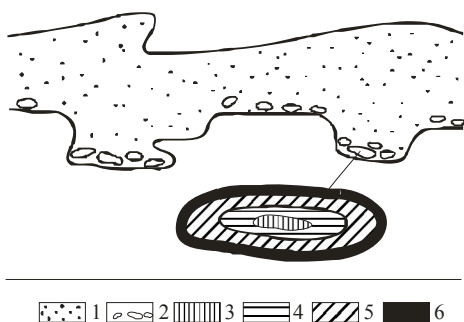


Рис. 18. Характер контакта ладожских песков с выше- и нижележащими толщами и внутреннее строение «бобовых» руд.  
Масштаб 1:1.

1 – пески ладожской свиты; 2 – галечный конгломерат типа «бобовых» руд; внутреннее строение бобовин; 3 – пирит; 4 – ярозит; 5 – гидрогетит; 6 – гематит.

раковины брахиопод. Отложения верхнего кембрия с размывом перекрываются породами ордовика. Мощность свиты до 10 м.

**Ордовикская система (488-443 млн.лет)** представлена на территории полигона нижним и средним отделами.

*Нижний отдел. Тосненская свита.* Развита по берегам рек Саблинка (ниже водопада) и Тосны, слагает верхи песчаных обрывов. Эта свита получила название «оболовых песчаников». Сложена светло-серыми и желтовато-серыми песчани-

ками с редкими прослоями глин. Песчаники обладают различной степенью цементации: от рыхлых до среднестементированных разностей. В основании песчаников часто содержатся прослои и линзы мелкогалечных конгломератов мощностью 0,1–0,3 м, сцементированных гидроксидами железа. В верхней части керогенные прослои. Породы содержат многочисленные обломки и целые раковины брахиопод (*Obolus appolinis*). Свита согласно перекрывается аргиллитами копорской свиты. Мощность до 4,5 м.

*Копорская свита.* Отложения этой и последующих свит обнажаются в верхах береговых обрывов рек Саблинка и Тосна ниже Гертовского водопада и в уступах Саблинского и Тосненского водопадов. Породы этой свиты называют «диктионемовыми сланцами». Свита сложена тёмно-серыми, почти чёрными плотными аргиллитами и тонкослоистыми сланцеватыми глинами, содержащими примесь (10-20%) органического вещества. В них встречаются кристаллы и конкреции пирита, крупные конкреции антраконита, мелкие кристаллы гипса. Свита получила название по содержащимся в ней

многочисленным остаткам полухордовых животных – граптолитов (*Ductyonema flabelliforme*). Копорская свита несогласно перекрывается породами назиевской свиты. Мощность свиты колеблется в пределах 0,5 – 1,5 м.

*Назиевская свита.* Представлена глауконитовыми глинами и алевролитами. Органические остатки представлены только микроорганизмами – конодонтами. Свита согласно перекрывается песчаниками лезтсеской свиты. Мощность назиевской свиты до 1 м.

*Лезтсеская свита.* Сложена кварц-глауконитовыми песчаниками и песками с прослоями глауконитовых глин и выделяется общей зеленой окраской. Свита резко слоистая: снизу вверх состав отложений меняется от песчаного до карбонатно-глинистого. Мощность до 1,5 м. В связи с сильной обводнёностью и сложным литологическим строением назиевской и лезтсеской свит, рекомендуется выделять их вместе как нерасчлененные отложения «*глауконитовой толщи*».

*Волховская свита.* Данной свитой начинается карбонатная часть разреза. Слагают свиту известняки и доломиты. В нижней части преобладают толстоплитчатые, массивные и тонкослоистые плотные пестроокрашенные доломитизированные глауконитовые известняки с характерными шипообразными выступами. Выше развиты желтоватые массивные известняки с прослоями мергелей и глин. Венчает разрез пачка переслаивания трещиноватых тонкоплитчатых глинистых и доломитизированных известняков. В известняках встречаются многочисленные органические остатки морских беспозвоночных ордовика: головоногих моллюсков, брахиопод, трилобитов. Минералогический интерес представляют глауконитовые микроконкреции, широко развитые в некоторых слоях. Волховская свита согласно перекрывается известняками обуховской свиты. Мощность отложений колеблется от 1,5 до 3,5 м.

*Обуховская свита.* Отложения этой свиты развиты выше обоих водопадов и слагают самые верхние, труднодоступные части береговых обрывов рек Саблинка и Тосны. Эта свита получила название «эндоцератитовых известняков». Она почти нацело сложена серыми и зеленовато-серыми, неравномерно доломитизированными глинистыми известняками. В основании толщи выделяется марки-

рующий горизонт сильно трещиноватых хрупких мергелей с обильными включениями железистых оолитов, — так называемый «*нижний чечевичный слой*», в кровле свиты выделяют аналогичный ему «*верхний чечевичный слой*»; эти слои являются маркирующими и представляют минералогический интерес. Установлено наличие так называемого «нижнего чечевичного слоя» в береговом обрыве над Саблинским водопадом. В известняках встречаются многочисленные остатки прямых раковин головоногих моллюсков (*Endoceras* sp.) и остатки трилобитов. Свита несогласно перекрывается четвертичными суглинками. Мощность свиты от 1,5 до 7,5 м.

***Кайнозойская эратема. Четвертичная система (последние 1,8 млн. лет).*** Четвертичная система подразделяется на два надраздела — плейстоцен и голоцен. Отложения плейстоцена на территории Саблинского полигона имеют небольшую мощность и представлены валунными суглинками и супесями желтоватой или буровато-серой окраски с большим количеством галек и валунов магматических и метаморфических пород. Встречаются и ленточные глины — осадки послеледниковых озер, залегающие в кровле ледниковых морен. Мощность плейстоцена первые сантиметры и первые десятки сантиметров. В то же время к северу от Санкт-Петербурга, в том числе в районе Гавриловского месторождения эти отложения развиты широко, имеют мощность в десятки метров и слагают моренные холмисто-увалистые формы рельефа.

Голоценовые образования прослеживаются повсеместно по руслам рек в виде аллювия и у подножья береговых обрывов в виде делювия. В местах разгрузки подземных вод встречаются линзы известковых туфов. В Саблинских пещерах наблюдаются натечные формы кальцита — небольшие сталактиты, плащевидные натёки на песчаниковых и известняковых стенках, а также пещерный жемчуг — округлые кальцит-арагонитовые выделения в водобойных лунках.

### 3.3. ТЕКТНИКА

Ленинградская область расположена в северо-западной части Восточно-Европейской платформы, которая относится к группе древних платформ, образовавшихся еще в докембрии. Нижний

структурный этаж (фундамент), характеризуется сильной складчатостью, метаморфизмом, интрузиями, разрывными нарушениями. Для верхнего структурного этажа (чехла) свойственны осадочные породы; складчатые структуры и разрывные нарушения редки.

Северо-западная часть Ленинградской области, включающая район Гавриловского месторождения, принадлежит Балтийскому щиту и находится в зоне выхода фундамента на поверхность. Территория месторождения находится на границе юго-западного крыла Вуоксинской синклинали и Выборгского массива гранитов-рапакиви.

Саблинский полигон является типичным районом развития осадочного чехла платформы. В его пределах залегание пород спокойное, практически горизонтальное, лишь в его северной части встречаются участки нарушенного залегания – так называемые Никольские дислокации. Никольские дислокации – район куполовидных структур, расположенных на левом берегу р. Тосны ниже устья р. Саблинки. Они выражены в рельефе в виде трех холмов высотой порядка 10 м. На склонах наблюдается нормальная последовательность пород от глин сиверской свиты до известняков волховской свиты.

### **3.4. МАГМАТИЗМ**

Метаморфические породы ладожской серии прорваны раннепротерозойскими интрузиями двух комплексов. Первый включает габбро-нориты, габбро-диориты (Вуоксинский массив), диориты, плагиограниты, гранодиориты, кварцевые диориты, гнейсограниты, плагиоклаз-микроклиновые порфировидные граниты, граниты-анатектиты, мигматиты, граниты с гранатом, чарнокиты. Во второй комплекс входят: граниты, субщелочные граниты, кварцевые монцитоны, трахитоидные граниты и гнейсограниты, граниты с гранатом (Кузнечненский массив), жильные образования.

Позднепротерозойский интрузивный комплекс представлен гранитами-рапакиви (Выборгский массив), габбро-диабазы, кварцевыми сиенито-диоритами, гранофир-аплитами (острова Ладожского озера). Выборгский массив гранитов-рапакиви является одним

из крупнейших массивов мира. Его общая протяженность с севера на юг 180 км, с запада на восток – от 60 до 130 км. Общая площадь – 18000 км<sup>2</sup>. В геологическом отношении массив представляет собой батолит – интрузивное тело значительных размеров, нижние границы которого до сих пор достоверно не установлены. Значительная его часть расположена на территории Финляндии и под водами Финского залива.

В районе Гавриловского месторождения, наряду с вмещающими гнейсами, мигматитами и биотитовыми гранитами, развиты различные жильные породы – аплиты, пегматиты, гидротермальные прожилки, которые находятся между собой в сложных взаимоотношениях (рис. 20).

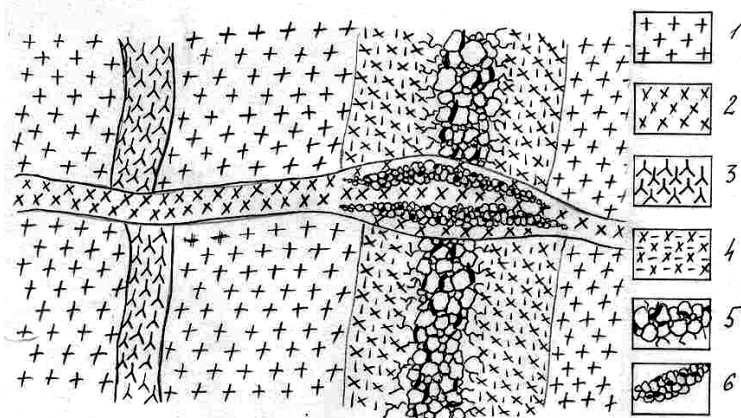


Рис. 20. Взаимоотношение жильных пород на месторождении Гавриловское.

- 1 – биотитовые граниты, 2 – поздние аплиты, 3 – поздние пегматиты,  
4 – ранние аплиты, 5 – ранние пегматиты, 6 – пегматоиды.

Выделяют до трех видов пегматитов и две группы разновозрастных аплитов, слагающих многочисленные жилы различного залегания.

На месторождении развиты порфировидные граниты с крупными (до 4 см) выделениями микроклина в средне-крупнозернистой основной массе, и относительно мелкозернистые граниты с гранатом, слагающие мелкие жилообразные тела и крупные массивы площадью в десятки и сотни км<sup>2</sup>. В текстурном отношении граниты делятся на массивные и трахитоидные.



### 3.5. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Ленинградская область богата полезными ископаемыми, что обусловило развитие здесь горно-добывающей промышленности. На местном сырье работают газово-сланцевый, фосфоритовый и алюминиевый комбинаты, крупные цементные, глиноземные, керамические заводы, многочисленные карьеры по добыче торфа, строительного камня, песчано-гравийных смесей, формовочных песков, стекльного сырья.

*Магматические породы*, выходящие на поверхность на Карельском перешейке (г. Выборг), используются в качестве строительного камня. Прочные овоидные граниты-рапакиви, обладавая великолепным рисунком, издавна применялись для отделки цоколей зданий, парапетов набережных, мостов, тротуаров. В пределах Карельского перешейка расположено большое количество карьеров, где добывают магматические породы не только для сооружения архитектурных ансамблей города, но прежде всего для повседневных нужд строительства – в виде бордюрного и бутового камня, щебня.

*Глины кембрийского возраста* – поистине уникальное достояние Ленинградской области. Они являются высококачественным сырьем для производства строительного кирпича, керамзита, керамических блоков, канализационных труб, черепицы. Известны примеры использования этих глин в медицинских целях. Крупный карьер по добыче кембрийской глины расположен в пос. Покровское на левом берегу р. Тосны недалеко от впадения в нее р. Саблинка.

*Пески и песчаники кембрийского возраста* имеют различное назначение в зависимости от своего вещественного состава. Полимиктовые пески, наиболее широко представленные в отложениях данного возраста, являются строительным сырьем и могут использоваться для дорожного строительства, изготовления бетона и железобетона и т.д. Особую ценность представляют кварцевые пески. Их применяют как формовочный материал в литейном производстве, в качестве основного компонента смесей для литейных форм, при производстве силикатного кирпича и силикатных изделий, бутылочного и оконного стекла. Для строительных нужд широко используют также пески плейстоценового и голоценового возрастов. Они представлены наиболее мощными толщами в северной части области.

*Фосфорит* значительной концентрации (от 5 до 35% пяти-окиси фосфора) добывается из оболочковых песчаников тосненской свиты (г. Кингисепп). Носителем полезного компонента в них являются фосфатизированные раковины брахиопод *Obolus*. Средняя мощность полезной толщи с содержанием до 40 % раковин составляет в разрабатываемом месторождении 2-3 м.

*Глауконит* содержится в породах ордовикского возраста в виде примеси. Этот минерал используется для опреснения воды, удобрения почв и в качестве весьма устойчивого красителя зелёного цвета, широко используемого для покрытия технических изделий. Глауконит пригоден для определения абсолютного возраста горных пород калий-аргоновым методом.

*Известняки и доломиты* ордовикского возраста имеют множественное назначение. В Санкт-Петербурге и других городах области их издавна используют в качестве строительного камня, весьма устойчивого к сложным погодным условиям и долговечного. В ряде мест области (например, ст. Мга) в известняках ведётся добыча штучного камня мелкокристаллической структуры и повышенной плотности. Из этого камня сооружена крепость Орешек и целый ряд строений в самом Санкт-Петербурге. Карбонатные породы весьма широко применяют для производства цемента в качестве цементной шихты. Известняки, доломиты и мергельные разновидности карбонатных пород применяют при производстве строительной извести и силикатного кирпича. Эти породы используют также в качестве флюсов в сталеплавильном, ферросплавном и доменном производстве. Наконец, карбонатные породы в молотом виде используют в сельском хозяйстве для нейтрализации кислых подзолистых почв и в качестве минеральной добавки в корм животным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшим требованием, предъявляемым к студентам на минералого-петрографической практике, является обязательное и активное участие их во всех геологических маршрутах, освоение ими всех видов полевых наблюдений и камеральных работ. Соблюдение методики, изложенной в настоящих указаниях, делает мине-

ралого-петрографическую практику на полигоне «Саблино» одним из элементов кадрового обеспечения новой ресурсно-инновационной стратегии развития минерально-сырьевого комплекса России.

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев В.И.* Специальное геологическое картирование: Учеб. пособие. СПб: СПГГИ, 2002. 101 с.
2. *Апродов В.А.* Геологическое картирование. М.: ГИГЛ, 1952. 372 с.
3. *Великославинский Д.А.* Петрология Выборгского массива рапакиви / Тр. ЛАГЕД АН СССР. Вып. 3, 1953.
4. Геология СССР. Т. 1. Ленинградская, Новгородская, Псковская области. М.: Недра, 1971. 502 с.
5. *Киселев И.И.* Геология и полезные ископаемые Ленинградской области / И.И. Киселев, В.В. Проскуряков, В.В. Саванин. СПб.: Петербург. геол. комплексная экспедиция, 1997. 196 с.
6. *Логвиненко Н.В.* Методы определения осадочных пород / Н.В. Логвиненко, Э.И. Сергеева: Учебн. пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.
7. *Судовиков Н.Г.* Проблема рапакиви и позднеорогенных интрузий / М.-Л.: Наука, 1967.
8. *Хазанович К.К.* Геологические памятники Ленинградской области. Л.: 1980. 53 с.
9. Экскурсии в геологию. Отв.ред. Е.М.Нестеров. СПб.: МК ГШВ, 2001. 280 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                           | 3  |
| 1. Район практики .....                                                  | 3  |
| 2. Содержание практики .....                                             | 5  |
| 2.1. Организация практики и виды работ .....                             | 5  |
| 2.1.1. Подготовительный этап .....                                       | 6  |
| 2.1.2. Полевой этап .....                                                | 6  |
| 2.1.3. Камеральный этап .....                                            | 7  |
| 2.2. Методика полевых работ .....                                        | 8  |
| 2.2.1. Методы полевых работ .....                                        | 8  |
| 2.2.2. Изучение и описание опорных обнажений .....                       | 9  |
| 2.2.3. Минералого-петрографическая характеристика .....                  | 13 |
| геологических тел .....                                                  | 13 |
| 2.2.4. Отбор образцов и проб .....                                       | 26 |
| 2.3. Методика камеральных работ .....                                    | 27 |
| 3. Геология Ленинградской области и учебного полигона<br>«Саблино» ..... | 31 |
| 3.1. Общая характеристика .....                                          | 31 |
| 3.2. Стратиграфия .....                                                  | 32 |
| 3.2.1. Архейская и протерозойская акротемы .....                         | 32 |
| 3.2.2. Фанерозойская акротема .....                                      | 33 |
| 3.3. Тектоника .....                                                     | 38 |
| 3.4. Магматизм .....                                                     | 39 |
| 3.5. Полезные ископаемые .....                                           | 40 |
| Заключение .....                                                         | 42 |
| Рекомендательный библиографический список .....                          | 43 |